Caldasia 26(1) 2004: 53-60

CARACTERÍSTICAS DE LA ENDODERMIS EN LA RAÍZ DE *COESPELETIA* (ASTERACEAE)

Characteristics of the endodermis of the root of *Coespeletia* (Asteraceae)

Rebeca Luque Arias
Javier C. Estrada Sánchez
Centro Jardín Botánico, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Apartado 52, La Hechicera, Mérida 5212, Venezuela. rebecal@ula.ve; jestr@ula.ve

RESUMEN

Se estudiaron las raíces de representantes del género *Coespeletia*: *C. alba*, *C. lutesecens*, *C. moritziana*, *C. spicata*, *C. timotensis*, mostrándose características poco usuales de la corteza y particularmente de la endodermis. Se observa el origen exógeno del felógeno, el funcionamiento secretor de la endodermis y se resalta el carácter meristemático de la misma endodermis, que forma nuevos tejidos corticales y nuevas cavidades aumentando el grosor de la corteza primaria a la vez que su longevidad, por lo que se le denomina endodermis meristemática.

Palabras clave. Anatomía, *Coespeletia*, Endodermis meristemática, Raíz.

ABSTRACT

An anatomical research of the root of some representatives of the genus *Coespeletia*: *C. lutesecens*, *C. moritziana*, *C. spicata*, *C. timotensis* was carried out, the results show some unusual characteristics of the cortex, particularly in the endodermis. The exogenous origin of the phellogen and the secretory function of the endodermis are observed, also the meristematic nature of the endodermis is emphasized, these one forms new cortical tissues and new cavities simultaneously, increasing the thickness of the primary cortex and its longevity, reason for which it is termed as meristematic endodermis.

Key words. Anatomy, *Coespeletia*, Meristematic Endodermis, Root.

INTRODUCCIÓN

La corteza de la mayoría de las raíces de las dicotiledóneas es, en general, un tejido homogéneo. En etapas juveniles, justo arriba del meristema apical, consiste de varios estratos de parénquima más o menos uniforme sin ningún rasgo diferencial. Externamente la corteza joven está protegida por la epidermis pilífera y más tarde por la exodermis, internamente la endodermis limita con el tejido vascular. La endodermis, al igual que la epidermis forma un cilindro continuo sin espacios intercelulares entre sus células las cuales muestran engrosamientos en las paredes radiales denominadas bandas de Caspary.

Según Van Fleet (1961), la endodermis en las raíces, puede variar su estructura presentando: *a*.- bandas de Caspary impregnadas de suberina o complejos fenólicos en sus paredes radiales y transversales, *b*.- todas las paredes en general suberizadas y *c*.- depósitos unilaterales de celulosa sobre las paredes radiales y tangencial interna con inclusiones de sustancias fenólicas depositadas sobre la celulosa. Estos tres tipos también se presentan en tallos subaéreos y subterráneos.

Según Priestley & Rhoades (1926) el desarrollo de las células endodérmicas se realiza en tres etapas o fases: en la primera etapa las sustancias grasas son depositadas en las paredes transversales y radiales para formar la banda de Caspary; en la fase secundaria estas sustancias grasas son oxidadas y depositadas en un continuo de lamelas de suberina sin una base de celulosa sobre la superficie del protoplasto más próximo a la pared celular; en la fase terciaria la celulosa es depositada unilateralmente sobre las paredes radiales, tangencial interna y transversales pero no sobre la tangencial externa para dar una apariencia centrípeta o en U a la célula cuando vista en corte transversal.

Las raíces de representantes de la familia Asteraceae muestran caracteres estructurales que difieren de la generalidad de las dicotiledóneas reportadas. Tetley (1925) indica que representantes de la familia formaron yemas y felógeno exógenos y retienen la corteza primaria por largo tiempo, además las raíces parecen contener grandes cantidades de sustancias grasas. La asociación de la endodermis con estructuras de secreción como canales y cavidades ha sido reportada por diversos autores (Tetley 1925, Williams 1947, 1954, Luque *et al.* 1997, Luque 2004 a, Melo-de-Pinna & Menezes 2003) mientras que la función secretora de la endodermis se reportó para raíces de *Lychnophora* Mart. (Luque *et al.* 1997) y en *Coespeletia* Cuatrec. (Luque 2004 b).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar las características de la corteza primaria de raíces de representantes del género *Coespeletia* haciendo énfasis en las características de la endodermis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se recolectó material en el Páramo de Piedras Blancas, Mérida (Venezuela) y se trabajó con el siguiente material:

Coespeletia alba (A.C. Sm.) Cuatrec.

VENEZUELA. **Mérida**: Pico La Paila, Páramo de Piedras Blancas, 4 235 m, 9 dic 1999, *Adamo, G. & López del Pozo, J., 1981* (MERC).

C. lutescens (Cuatrec. & Aristeguieta) Cuatrec.

VENEZUELA. **Mérida**: Páramo de Piedras Blancas, vía Piñango a 13 Km del Pico El Águila, 16 jul 1999, *Luque, R., 556* (MERC).

C. moritziana (Sch. Bip. ex Wedd.) Cuatrec.

VENEZUELA. **Mérida**: Loma Redonda, camino hacia el Alto de La Cruz. 4015 m, 6 may 1998, *Escalona, A., Luque, R.& Tirado, C. 93* (MERC).

C. spicata (Sch. Bip. ex Wedd.) Cuatrec.

VENEZUELA. **Mérida**: Páramo de Piedras Blancas, a 6 km del monumento del Pico El Águila por la carretera a Piñango, 4 350 m, 7 mar 1999, *Estrada, J.& Luque, R., 998* (MERC).

C. timotensis (Cuatrec.) Cuatrec.

VENEZUELA. **Mérida**: Pico La Paila, Páramo de Piedras Blancas, 4 520 m, 9 dic 1999, *Adamo, G. & López del Pozo, J., 1980* (MERC).

Se colectó material de la parte aérea así como de la subterránea de plantas adultas. Para su determinación se prepararon muestras de herbario las cuales están depositadas en el Herbario del Centro Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes (MERC). Para el estudio anatómico el material de raíz fue lavado en agua para eliminar la tierra adherida y luego fijada en FAA según Johansen (1940). Del material fijado se prepararon cortes histológicos a mano alzada y con microtomo. Los cortes a mano alzada fueron teñidos con la doble tinción de fucsina básica y azul de astra según Krauss *et al.* (1998). Para la obtención de los cortes con microtomo se deshidrató el material en la serie butílica (Johansen 1940) con inclusión en parafina (Sass 1951) y cortado en microtomo rotativo Microm MH500M con un espesor de 8 µm. Los cortes fueron teñidos con la doble tinción de azul de astra y fucsina básica. Se realizaron pruebas de detección de sustancias lipídicas con Sudán III (Sass 1951).

RESULTADOS

Las figuras 1 a 6 muestran el corte transversal de raíces muy jóvenes de *C. timotensis* (Figs. 1-2), *C. moritziana* (Figs. 3-4) y *C. alba* (Figs. 5-6) en las que se observa la epidermis (Ep), la corteza formada por una exodermis (Ex), corteza parenquimática y la endodermis, con células que presentan bandas de Caspary (flechas), asociados a la endodermis se observa la presencia de cavidades secretoras (*). La figura 6 muestra cavidades secretoras muy jóvenes en las que se observa como están rodeadas por cuatro células epiteliales endodérmicas y en las células internas se distingue claramente las bandas de Caspary. Las figuras 1, 2 y 7 muestran cavidades en las que el número de células epiteliales endodérmicas aumenta a 5, 6 ó más. En la misma figura 7 se observa la formación de nuevas cavidades al lado de las ya formadas (CN).

Las figuras 8 y 9 muestran la raíz de *C. timotensis* en un estado más avanzado del desarrollo, en el que ya el crecimiento secundario de la raíz ha comenzado y continúa la relación de la endodermis con las cavidades secretoras; se observa en estas figuras que el epitelio secretor ha aumentado el número de células y que éstas muestran un contenido en forma de gotas (flechas blancas). En las mismas figuras se observa el origen exógeno del felógeno (Fe).

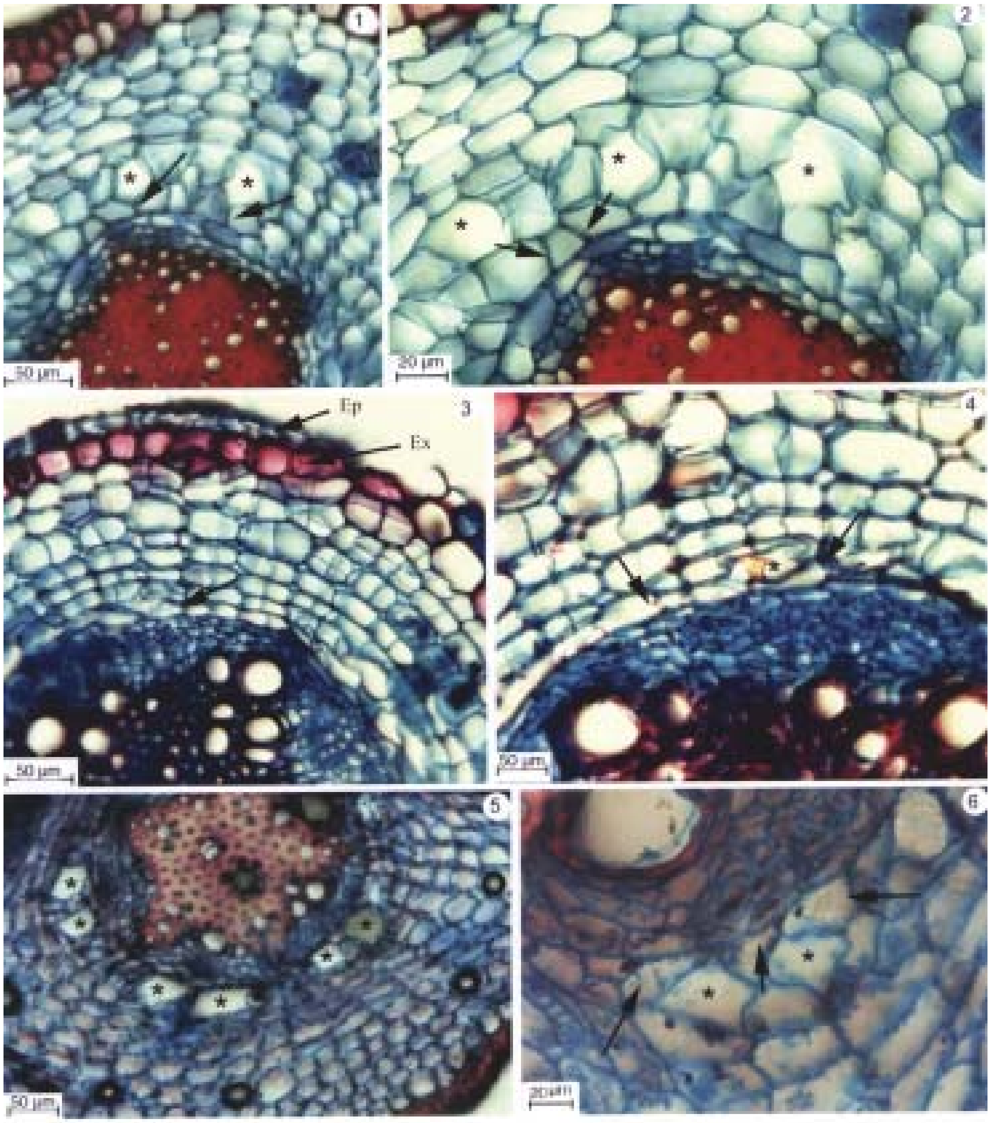
Las figuras 10 y 11 muestran la raíz de *C. spicata* en las que ya se nota el crecimiento secundario por actividad del cambium vascular y el felógeno, que es de origen exógeno (Fe). En las mismas figuras se observa las células endodérmicas con bandas de Caspary muy desarrolladas (flechas negras) y con contenido en forma de gotas (flechas blancas).

Las figuras 12 a 15 muestran la raíz de *C. lutescens* en las que ya el crecimiento secundario está establecido. Las figuras 13 y 14 muestran cavidades anastomosadas (Ca) y cavidades nuevas que se forman internamente a las ya existentes (CN). Las figuras 14 y 15 muestran detalle de lo anterior en las que se observa que cavidades jóvenes vecinas comparten la misma célula epitelial (Figs. 14-15, Es).

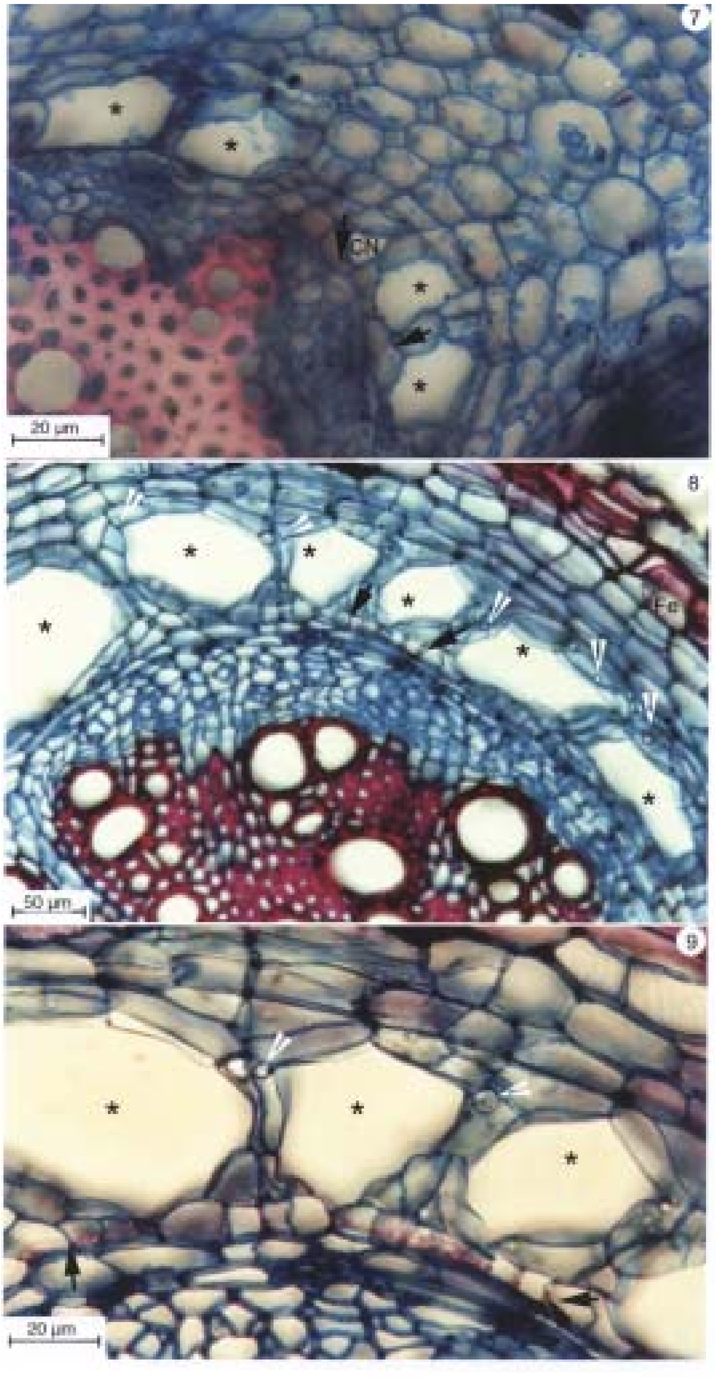
La figura 16 muestra la raíz de *C. alba* en las que ya el crecimiento secundario está establecido y se observan cavidades anastomosadas (Ca) y la formación de nuevas cavidades que se forman en el tejido epitelial de las cavidades ya existentes.

DISCUSIÓN

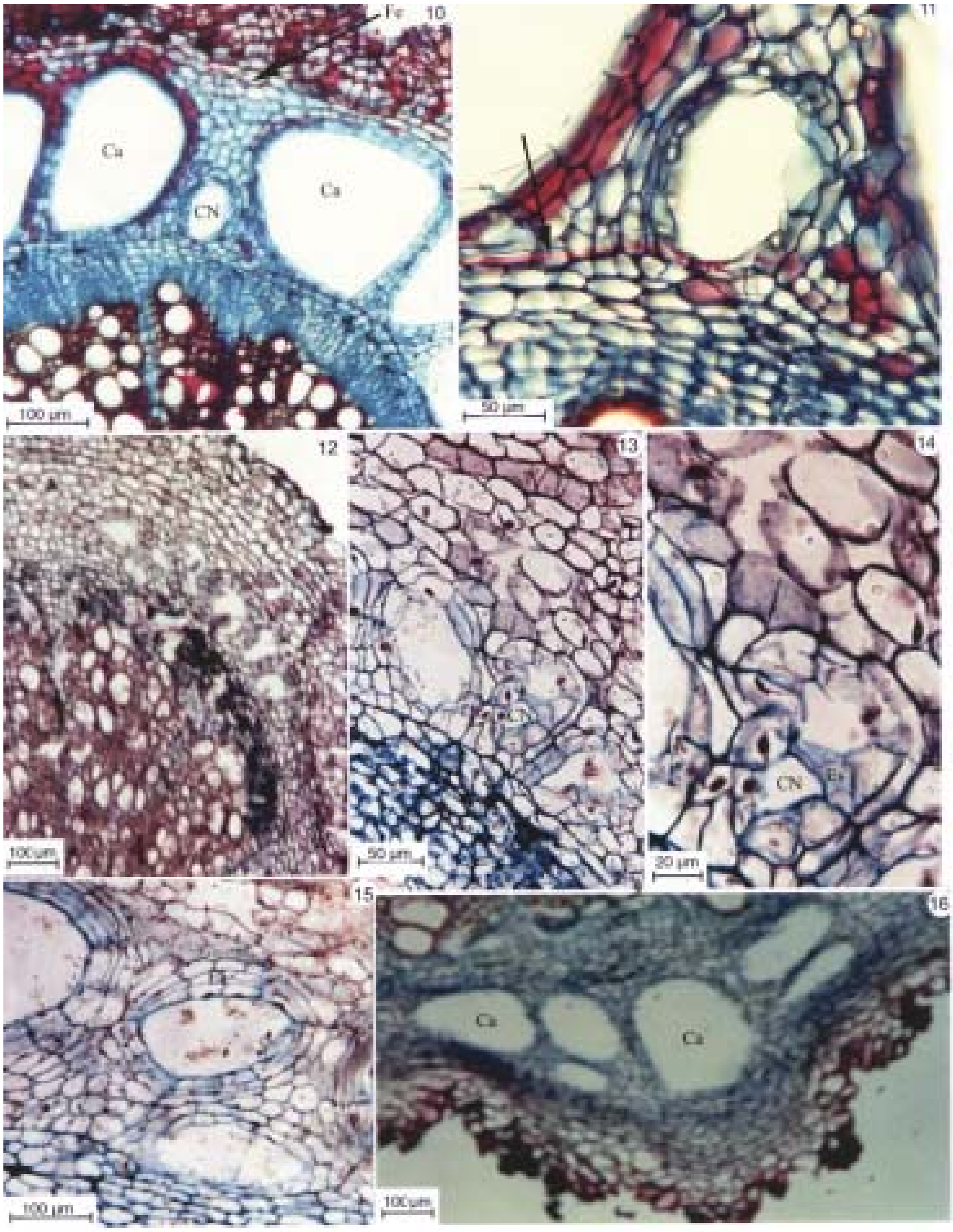
La corteza de las raíces de las especies de *Coespeletia* aquí estudiadas muestra caracteres morfológicos que la diferencian de las raíces de otras dicotiledóneas, resaltando las características de la endodermis. Van Fleet (1961) señala varias de las funciones que puede cumplir la endodermis indicando que la complejidad de los diferentes sistemas enzimáticos en la endodermis hace difícil una explicación simple.


1
*
*
50 µm
2
*
*
*
20 µm
Ep
3
Ex
50 µm
4
*
50 µm
5
*
*
*
*
*
*
50 µm
6
*
*
20 µm

Figuras 1-6. Corte transversal de la raíz joven: 1-2, *Coespeletia timotensis*; 3-4, *C. moritziana*; 5-6, *C. alba*. Ep: epidermis.; Ex: exodermis; *: cavidades secretoras; flechas: endodermis.



Figuras 7-9. Corte transversal de la raíz en estado posterior de desarrollo: 7, *Coespeletia alba*; 8-9, *C. timotensis*. CN: cavidades nuevas; Fe: felógeno; *: cavidades secretoras; flechas negras: endodermis con bandas de Caspary; flechas blancas: gotas de sustancias grasas.


10
Fe
Ca
CN
Ca
100 µm
11
50 µm
12
100µm
13
50 µm
14
CN
Es
20 µm
15
100 µm
16
Ca
Ca
100µm

Figuras 10-16. Corte transversal de la raíz con estado avanzado de crecimiento: 10-11, *Coespeletia spicata*; 12-15, *C. lutescens*; 16, *C. alba*. Ca: cavidades anastomosadas; CN: cavidades nuevas; Es: epitelio secretor: Fe: felógeno; flechas: endodermis.

En las raíces estudiadas se observa, asociados a la endodermis, la presencia de espacios secretores que constituyen cavidades secretoras cortas (Luque en prensa a). Según Tetley (1925) estos espacios se forman frente a los polos de floema primario cuando la raíz es muy joven en el ápice, en la zona adyacente al meristema apical. En todas las raíces de *Coespeletia* estudiadas estos espacios situados frente al floema primario están limitados por cuatro células, al menos en la fase más joven de la raíz. Las dos células internas diferencian bandas de Caspary y las dos externas no la diferencian.

Williams (1954) estudiando numerosas especies de Compositae relata que el contenido de los canales intercelulares, las paredes adyacentes, así como las paredes celulares y el contenido de los elementos de tubo criboso del floema reaccionan a los fijadores y tinción de la misma manera, por esto el autor sugiere que en la región meristemática los canales podrían complementar a los elementos del floema en la conducción de material orgánico. Para las especies de *Coespeletia* estudiadas no existe ningún indicio de que esto pueda estar ocurriendo ya que tanto en las células endodérmicas como en las cavidades secretoras se detectan gotas de sustancias grasas. La endodermis es una superficie de intercambio por lo que cumple muchas funciones.

Entre las funciones que cumple la endodermis se destaca el papel en el metabolismo de las sustancias grasas. El comportamiento de óxido-reducción de fenoles parece ser una de las principales funciones de la endodermis y podría determinar el metabolismo de sustancias grasas en este tejido (Van Fleet 1961).

Para las raíces de *Coespeletia* aquí analizadas se está de acuerdo con lo expresado para *Lychnophora* (Luque *et al.* 1997) en cuanto al carácter secretor de la endodermis, ya que se observa las células epiteliales endodérmicas que rodean el espacio con gotas de sustancias grasas en su interior y este mismo material dentro de las cavidades secretoras.

Un carácter muy resaltante se observa a medida que la raíz crece y el número de células secretoras o epitelio que rodea a cada cavidad aumenta. Este incremento del número de células proviene siempre de células endodérmicas anteriormente formadas; y es a partir de estas mismas células que se van a formar nuevas cavidades, en un tejido que podemos considerar como parte de la corteza primaria, de modo más preciso se origina de células de la endodermis.

Williams (1947) establece que la endodermis en su fase primaria se divide para dar origen a células del cortex, pero después de las fases secundarias y terciarias de desarrollo la endodermis no continua dividiéndose. Bond (1930) citado por Van Fleet (1961), indica la división del tejido endodérmico en *Piper* acompañado por divisiones en las que las células resultantes pueden desarrollar o no bandas de Caspary. Según Maheshwari (1945) el felógeno del tallo de *Paederia foetida* se origina de la endodermis.

En las raíces estudiadas el felógeno se origina en posición exógena a partir de células subepidérmicas y es gracias a esta posición que los tejidos de la corteza primaria, entre estos la endodermis, permanecen por largo tiempo y permiten que la propia endodermis pueda formar nuevos tejidos y cavidades secretoras. Por esta capacidad poco usual de formar un tejido con nuevas células secretoras y nuevas cavidades podríamos definir esta función como endodermis meristemática presente en las raíces de los representantes de *Coespeletia* de los Andes venezolanos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el financiamiento parcial del proyecto C-994-99-B del CDCHT-ULA.

BIBLIOGRAFÍA

BOND, G. 1930. The occurrence of cell division in the endodermis. Procedings of the. Royal Society of Edinburg 50 (1): 38-50.

JOHANSEN, D. A. 1940. Plant Microthecnique. Mc Graw- Hill Book. Nueva York- Londres.

KRAUS, J.E., H. C. SOUZA, M. H. REZENDE, N. M. CASTRO, C. VECCHI & R. LUQUE. 1998. Astra Blue and Basic Fuchsin Double Staining of Plants Materials. Biotechnic and Histochemistry 73 (5): 235-243.

LUQUE, R. 2004 a. Estructura Primaria del Sistema Radical de *Coespeletia* Cuatrec. Interciencia. 29(1): en imprenta.

LUQUE, R. 2004 b. El sistema secretor interno del cuerpo primario de Espeletiinae. Plantula 3(3): en imprenta.

LUQUE, R., N. L. MENEZES & J. SEMIR. 1997. La función secretora de la endodermis de la raíz de especies de *Lychnophora* Mart. (Asteraceae). Plantula 1 (3): 221-228.

MAHESHWARI, P. 1945 An endodermal phellogen in the stem of *Poederia foetida*. *Linn Nature* 156:116-117

MELO-DE-PINNA, G. F.A. & MENEZES, N. L. 2003. Meristematic endodermis and secretory structures in adventitious roots of *Richterago* Kuntze (Mutisieae-Asteraceae). Revista Brasileira de Botânica 26 (1): 1-10.

PRESTLEY, J.H. & E. RHOADES. 1926. On the macro-chemistry of the endodermis. Procedings of the Royal Society of London *B* 100(701): 119-128.

SAAS, J. E. 1951. Botanical Microtechnique. Iowa State, College Press.

TETLEY, U. 1925. The Secretory system of the roots of the Compositae. New Phytologist 24: 138-161.

VAN FLEET, D. S. 1961. Histochemistry and function of the endodermis. Botanical Review 27:165-219.

WILLIAMS, B.C. 1947. The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants. American Journal of Botany 34:455-462.

WILLIAMS, B.C. 1954. Observations on intercellular canals in roots tips with special reference to the Compositae. American Journal of Botany 41:104-106.

Recibido: 12/09/2003
Aceptado: 30/01/2004